

هیدرولیک و نیوماتیک و آزمایشگاه

جلسه ۲

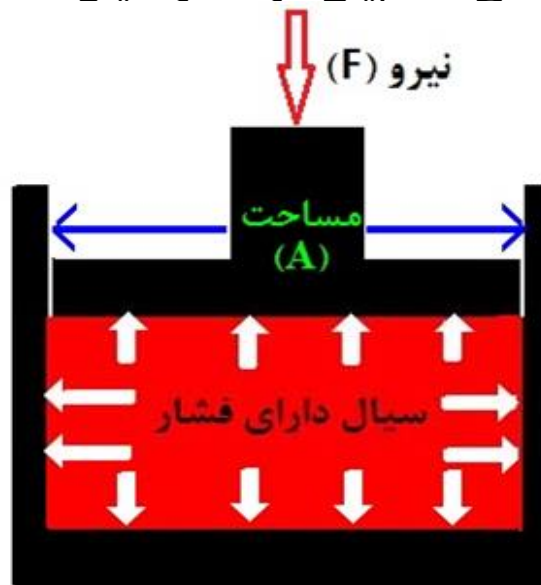
مدرس : محمد جواد شاهسوندی

آنچه در این فصل می‌خوانیم:

- فشار
- چگالی
- لزجت
- مکانیک سیالات
- افت فشار
- فشار سنج‌ها

مفاهیم پایه‌ای سیالات: فشار

نیرویی که یک سیال به دیواره‌های ظرفی که در آن قرار دارد وارد می‌کند، بیان گر فشار سیال است. در یک سیلندر و پیستون، رابطه فشار به صورت زیر است:



$$P = \frac{F}{A}$$

P فشار سیال داخل سیلندر (پاسکال)

A سطح مقطع پیستون (متر مربع)

F نیرویی که باید به بالای سیلندر وارد نمود تا سیال در فشار P باقی بماند (بر حسب نیوتن)

مفاهیم پایه‌ای سیالات: فشار

واحد فشار را از رابطه‌ی فشار می‌توان به دست آورد.

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow \text{واحد فشار} = \frac{\text{واحد نیرو}}{\text{واحد مساحت}} = \frac{\text{نیوتن (N)}}{\text{متر مربع (m}^2\text{)}} = \text{پاسکال (Pa)}$$

اگر به یک پیستون با سطح مقطع یک متر مربع، نیرویی برابر با یک نیوتن وارد شود، فشار یک پاسکال در سیال داخل آن ایجاد خواهد شد.

علاوه بر پاسکال، واحدهای دیگری نیز برای فشار سیال وجود دارد.

$$1 \text{ PSI} = 6802.7 \text{ Pa} \quad \text{«PSI»}$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} \quad \text{«اتمسفر (atm)»}$$

$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa} \quad \text{«بار (Bar)»}$$

مفاهیم پایه‌ای سیالات: فشار

یک اتمسفر، میزان فشار هوای در سطح دریاهاى آزاد است. اگر در سؤالی برای فشار، واحدی غیر از واحد اصلی داده شده بود، می توان ابتدا آن را به واحد اصلی تبدیل کرد سپس مسئله را حل نمود.

مفاهیمی به نام «فشار نسبی» و «فشار مطلق» وجود دارد که در ادامه توضیح داده می‌شود:

فشار مطلق در واقع همان فشار معمولی سیالات می‌باشد. فشار نسبی، اختلاف فشار سیال با فشار محیط است. لذا داریم:

$$\text{فشار محیط} - \text{فشار مطلق} = \text{فشار نسبی}$$

مفاهیم پایه‌ای سیالات: فشار

فشار محیط یعنی فشار هوا در آن منطقه. مثلاً اگر یک کارخانه در شهر طبس قرار دارد، فشار محیط می‌شود فشار هوای طبس، که این فشار با فشار هوا در سطح دریا متفاوت است چون فشار هوا تابع عوامل متعددی است.

اگر در دو طرف یک سطح دو سیال وجود داشته باشند، فشار آن دو سیال همدیگر را خنثی می‌کنند. اگر در جایی گفته شود فشار سیال مثلاً ۱۰ پاسکال است، یعنی فشار مطلق ۱۰ پاسکال است. پس کلمه ی فشار به تنهایی، معنای فشار مطلق را دارد.

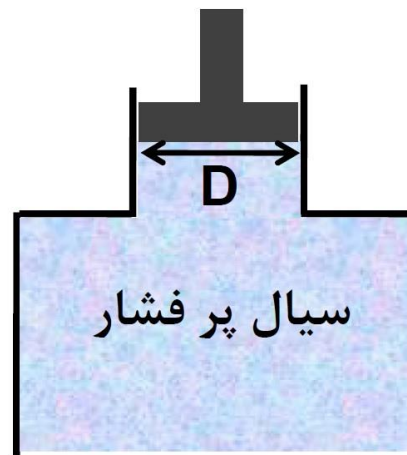
مفاهیم پایه‌ای سیالات: فشار

مثال: فشار سیال در یک سیلندر ۱۰ بار است. فشار نسبی چقدر است؟ (فشار هوا ۱ بار می باشد)

پاسخ: در صورت سؤال گفته شده فشار ۱۰ بار است پس یعنی فشار مطلق ۱۰ بار است. لذا داریم:

$$\text{فشار نسبی} = \text{فشار مطلق} - \text{فشار محیط} \longrightarrow \text{فشار نسبی} = 10 - 1 = 9 \text{ bar}$$

مثال: ساختمان یک جک هیدرولیک در شکل زیر نشان داده شده است. اگر یک هیدروپمپ، سیال را به فشار **18 bar** رسانده و به داخل جک بفرستد، این جک چند کیلوگرم بار را می‌تواند بلند کند؟ سطح مقطع جک، استوانه‌ای به قطر **65mm** است ($D=60mm$).



مفاهیم پایه‌ای سیالات: فشار

پاسخ: می‌خواهیم مساحت مقطع استوانه را بیابیم. ابتدا باید شعاع استوانه را بر حسب متر

$$r = \frac{D}{2} = \frac{60mm}{2} = 30mm = 30mm \times \frac{1m}{1000mm} = \frac{30}{1000}m = 0.03m \quad \text{پیدا کنیم:}$$

حال مساحت پیستون (که به شکل یک دایره است) را می‌یابیم. حال مساحت پیستون (که به

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.03)^2 = 0.0028 m^2 \quad \text{شکل یک دایره است) را می‌یابیم.}$$

حال، مقدار فشار در داخل سیلندر را بر حسب پاسکال پیدا می‌کنیم.

$$P = 18bar = 18bar \times \frac{10^5 Pa}{1bar} = 18 \times 10^5 Pa$$

$$P = \frac{F}{A} \longrightarrow F = P \times A = (18 \times 10^5) \times 0.0028 = 5040N \quad \text{اکنون، مقدار نیرو را می‌یابیم:}$$

ادامه پاسخ: میزان نیروی جک به دست آمد. برای یافتن جرم جسم، کافی است این نیرو را

تقسیم بر شتاب جاذبه زمین ($g=9.81$) کنیم <<< $m=\frac{5040}{9.81}=514 \text{ kg}$ پس این جک می‌تواند

جسمی به جرم ۵۱۴ کیلو گرم را بلند کند.

مفاهیم پایه‌ای سیالات: چگالی

چگالی هر ماده یعنی جرم (M) تقسیم بر حجم (V).

$$\rho = \frac{M}{V} \rightarrow \text{واحد چگالی} = \frac{\text{واحد جرم}}{\text{واحد حجم}} = \frac{\text{کیلوگرم (kg)}}{\text{متر مکعب (m}^3\text{)}}$$

نماد چگالی (ρ) به صورت (رُ) تلفظ می‌شود.

مفاهیم پایه‌ای سیالات: چگالی

چگالی هر ماده یعنی جرم (M) تقسیم بر حجم (V).

$$\rho = \frac{M}{V} \rightarrow \text{واحد چگالی} = \frac{\text{واحد جرم}}{\text{واحد حجم}} = \frac{\text{کیلوگرم (kg)}}{\text{متر مکعب (m}^3\text{)}}$$

نماد چگالی (ρ) به صورت (رُ) تلفظ می‌شود.

چگالی سیالات هیدرولیک باید کم باشد. به دلایل زیر:

۱- اتلافات سیستم کاهش یابد. مثلاً کاهش افت فشار

۲- از ایجاد عکس العمل بر اجزای کنترل کننده جلوگیری شود. مثلاً چگالی بالای سیال (به ویژه

سیال متحرک) می تواند به شیرها یا سایر اجزای حساس ضربه بزند.

مفاهیم پایه‌ای سیالات: چگالی

در اکثر موارد، چگالی مواد با افزایش دما کاهش می‌یابد (چون حجم زیاد می‌شود). در اکثر روغن‌ها، چگالی مواد با افزایش فشار افزایش می‌یابد. آب استثناء است و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با کاهش دما، چگالی آن کم می‌شود.

جرم مخصوص یا چگالی ویژه برای مایعات و گازها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{« برای مایعات »}$$
$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{چگالی ماده}}{\text{چگالی آب}}$$

$$\text{« برای گازها »}$$
$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{چگالی ماده}}{\text{چگالی هوا}}$$

لزجت یکی از خواص سیالات است که نشان دهنده ی میزان تمایل سیال به جاری شدن است. هر چه سیال غلیظ تر باشد، لزجت آن بیشتر است. مثلاً لزجت عسل از آب بیشتر است. نماد علمی لزجت این علامت است μ (میو). نام‌های دیگر لزجت عبارتند از: ویسکوزیته و گرانروی.

دو نوع تعریف اصلی، به صورت زیر برای لزجت وجود دارد:

۱. لزجت دینامیکی که نماد آن μ (میو) می‌باشد.

۲. لزجت سینماتیکی که نماد آن ν (نو) می‌باشد.

رابطه‌ی لزجت دینامیکی و سینماتیکی به این صورت است: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ که ρ چگالی سیال است. ما در

این درس بیشتر با لزجت دینامیکی (μ) کار خواهیم کرد.

مفاهیم پایه‌ای سیالات: لزجت

در جدول زیر مقادیل لزجت دینامیکی چند سیال ارائه شده است:

نوع سیال	لزجت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد (Pa.s)	نوع سیال	لزجت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد (Pa.s)
هوا	10^{-5}	گلیسرین	1
آب	10^{-3}	عسل	10
روغن زیتون	10^{-1}		

مفاهیم پایه‌ای سیالات: لزجت

واحدهای لزجت دینامیکی به صورت زیر هستند:

$$Pa.s = \frac{kg}{m.s} \quad \text{«(Pa.s) ثانیه پاسکال»}$$

$$1P = 0.1Pa.s \quad \text{«پُويز» يا «پُواز» (P)}$$

$$1cP = 0.01P = 10^{-3}Pa.s \quad \text{«««« (cP) سانتي پويز»»»»}$$

واحدهای لزجت سینماتیکی به صورت زیر هستند:

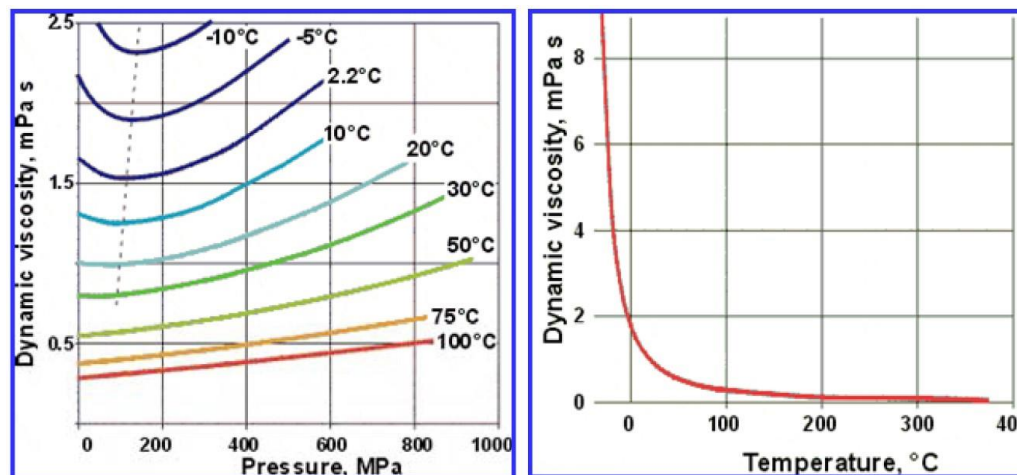
$$\frac{m^2}{s} \quad \text{« مترمربع بر ثانيه »}$$

$$1St = 10^{-4} \frac{m^2}{s} \quad \text{« استوکس (St) »}$$

$$1cSt = 0.01St = 10^{-6} \frac{m^2}{s} \quad \text{« (cSt) سانتي استوکس »}$$

مفاهیم پایه‌ای سیالات: لزجت

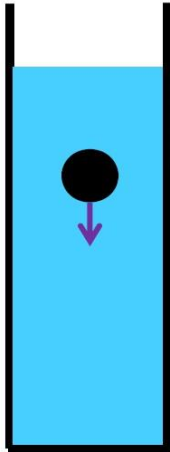
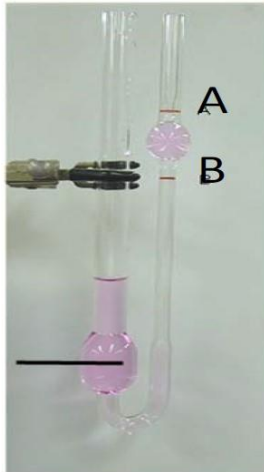
اگر در سؤالی برای لزجت، واحدی غیر از واحد اصلی داده شده بود، می‌توان ابتدا آن را به واحد اصلی تبدیل کرد سپس مسئله را حل نمود. نمونه‌ای از نمودار لزجت بر حسب دما و فشار در شکل‌های زیر آورده شده است که برای یک ماده‌ی خاص می‌باشد.



همان‌طور که مشاهده می‌شود، لزجت به شدت تابع دما بوده و بسیار کمتر به فشار بستگی دارد.

مفاهیم پایه‌ای سیالات: لزجت

برای اندازه گیری لزجت سیال، روش های مختلفی وجود دارد که در زیر به چند نمونه از آن ها اشاره می شود. در جدول زیر، تصویر چند نمونه از روش های اندازه گیری لزجت آمده است و در ادامه، توضیحات مربوط به هر شکل خواهد آمد.

روش دورانی	روش لرزشی	سقوط ساچمه در سیال	لوله U شکل	نام ابزار اندازه گیری لزجت
				شکل

روش لوله U شکل (U-tube Viscometer): ویسکومتر یعنی دستگاهی که لزجت (ویسکوزیته) را اندازه گیری می کند. یک لوله U شکل که هر یک از شاخه های آن یک قطر خاص داشته و در هر شاخه نیز، یک حباب وجود دارد. روند اندازه گیری لزجت در این روش به این صورت است:

- ۱- سیال در لوله ی U شکل ریخته می شود. ۲- با مقداری مکش، سیاه در شاخه ی سمت راست بالا رفته به طوری که حباب سمت راست پر شده و سیال تا نقطه ی A بالا می رود. (در بالا و پایین حباب دو شاخص به صورت خطوط قرمز رنگ یا همان نقاط A و B وجود دارد. ۳- حال مکش حذف شده و سیال رها می شود. زمانی که طول می کشد تا سطح بالای سیال، از نقطه ی A به B برسد متناسب با لزجت سینماتیکی سیال است.

روش سقوط ساچمه در سیال (Falling Sphere Viscometer): در این روش سیال مورد نظر، یک لوله به قطر مشخص ریخته می‌شود. ساچمه‌ای با قطر و چگالی مشخص نیز در داخل استوانه‌ی حاوی سیال مورد نظر انداخته می‌شود. پس از مدتی، ساچمه به یک سرعت ثابت می‌رسد. با اندازه‌گیری سرعت فوق، میزان لزجت سیال به دست می‌آید.

روش لرزشی (Vibrational Viscometers): روند اندازه‌گیری لزجت در این روش به این صورت است: ۱- ظرفی را پر از سیال مورد نظر می‌کنند. ۲- یک لغزاننده (شبیه لغزاننده موبایل) در داخل ظرف قرار می‌دهند. ۳- لرزاننده شروع به لرزش می‌کند و مشخصات لرزش (مانند دامنه و فرکانس لرزش) توسط دستگاه‌هایی ثبت می‌شود. ۴- از مشخصات لرزش می‌توان لزجت سیال را به دست آورد.

روش دورانی (Rotation Viscometers): روند اندازه‌گیری لزجت در این روش به این صورت است: ۱- ظرفی را از سیال پرمی‌کنند. ۲- جسم مشخصی را در درون ظرف به چرخش در می‌آورند (مثلاً یک دیسک). ۳- با اندازه‌گیری نیروی لازم برای چرخش جسم، لزجت سال محاسبه می‌شود. این دستگاه شبیه یک همزن است.

سایر روش‌های اندازه‌گیری لزجت به صورت زیر هستند:

✓ ویسکومتر با سقوط پیستون (Falling Piston Viscometer)

✓ ویسکومتر با پیستون دوار (Oscillating Piston Viscometer)

✓ ویسکومتر کره‌ی چرخان الکترومغناطیسی (Electromagnetically Spinning Sphere Viscometer (EMS Viscometer)

✓ ویسکومتر استابینگر (Stabinger viscometer)

✓ ویسکومتر حبابی (Bubble viscometer)

✓ ویسکومتر با شکاف ریز (Micro-Slit Viscometers)